

**University of Groningen**

## **Optical properties of dental hard tissues**

Zijp, Jacob Rudolf

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2001

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Zijp, J. R. (2001). *Optical properties of dental hard tissues*. s.n.

### **Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### **Take-down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

Promotiecommissie: Prof. Dr. Ir. M.J.C. van Gemert  
Prof. Dr. R. Hibst  
Prof. Dr. H.A. de Raedt

Paranimfen: Roos van Goudoever  
Hanneke de Man

Copyright © 2001: J.R. Zijp, Groningen, The Netherlands. All rights reserved. No parts of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means without permission from the copyright holder.

PDF - version by J.R. Zijp,

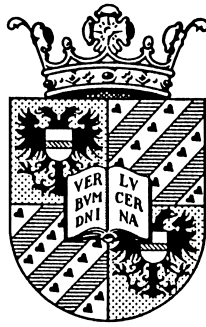
This thesis was sponsored by and has been prepared within the Institute for Biomedical Materials Science and Application (BMSA).

**Front cover:** Slabs of bovine enamel in liquids. Top row sound, bottom row carious. Left column immersed in water, right column immersed in a solution with a refractive index of 1.62. It is clearly seen that the carious slab becomes transparent in the refractive index matching solution. This happens because carious enamel is porous and the solution easily penetrates the carious enamel. The differences in the refractive indices are reduced and so the scattering is decreased.

**Back cover:** False colour image of the most beautiful Fraunhofer diffraction pattern measured with the set-up as shown in Figure 6.1 (page 65). The colours represent different intensities in logarithmic scale, ranging from 1 (black) to 550 000 (red) in arbitrary units.

**Voorkant:** Plakjes rundglazuur in vloeistof. Bovenste rij gezond, onderste rij carieus. Linker kolom ondergedompeld in water, rechter kolom ondergedompeld in oplossing met een brekingsindex van 1.62. Het is duidelijk te zien dat het carieuze plakje transparant wordt in de brekingsindex matching vloeistof. Dit komt doordat deze vloeistof gemakkelijk in de poriën van het carieuze glazuur doordringt. De brekingsindex verschillen in het plakje worden kleiner en daardoor neemt de lichtverstrooiing af.

**Achterkant:** Vals kleuren plaatje van het mooiste Fraunhofer diffractie patroon gemeten met de opstelling die is weergegeven in Figuur 6.1 (pagina 65). De kleuren representeren verschillende intensiteiten, lopend van 1 (zwart) tot 550 000 (rood) in willekeurige eenheden.



*Rijksuniversiteit Groningen*

# **OPTICAL PROPERTIES OF DENTAL HARD TISSUES**

Proefschrift  
ter verkrijging van het doctoraat in de  
Wiskunde en Natuurwetenschappen  
aan de Rijksuniversiteit Groningen  
op gezag van de  
Rector Magnificus, dr. D.F.J. Bosscher,  
in het openbaar te verdedigen op  
vrijdag 11 mei 2001  
om 14.15 uur

door

Jacob Rudolf Zijp  
geboren op 15 mei 1959  
te Drachten

Promotores: Prof. Dr. J.J. ten Bosch  
Prof. Dr. M.C.D.N.J.M. Huysmans

## Voorwoord

Op deze plaats kan ik vooral mijn vreugde uiten over het feit dat mijn proefschrift af is. Het is één van de resultaten van 14 jaar onderzoek. Gedurende die tijd is er veel veranderd vooral door de voortgang van computer-technologie. Toen ik in 1986 in dienst kwam had onze vakgroep twee XT computers en een paar Apple IIe's voor zo'n 30 medewerkers. Nu zijn er meer computers dan medewerkers, die het werken ermee niet bepaald eenvoudiger hebben gemaakt. Dit komt vooral doordat er meer met de computer kan, en we er daardoor ook meer mee willen. Uit mijn begintijd herinner ik me discussies over of rekenen op de computers voorrang moest hebben boven tekstverwerking. Dit soort discussies zijn nu niet meer denkbaar. De rekenkracht van computers is enorm toegenomen. Mijn eerste berekeningen van hoekafhankelijke intensiteits functies, die in Hoofdstuk 2 beschreven worden, duurden drie kwartier. Nu gebeurt dat in een paar seconden. Schrijven zonder computer, bijvoorbeeld op een schrijfmachine gebeurt nog zelden. De komst van iimeel en internet heeft ons computer gebruik drastisch veranderd. Communicatie met vakgenoten, vooral wanneer deze in andere tijdzone's werken, is door die faciliteiten veel sneller en gemakkelijker geworden. Voor mijn onderzoek hebben computer ontwikkelingen als gevolg gehad dat het uitvoeren van metingen over het algemeen veel minder tijd kost, maar dat het proces van dataverwerking tot publicatie meer van mijn tijd in beslag neemt. Ik vind het leuk dat ik al deze ontwikkelingen meegemaakt heb.

Vaak probeer ik geïnteresseerde mensen uit te leggen wat ik onderzoek, en waarom ik dat doe. Ik vind dat alle onderzoekers bij openbare instellingen verplicht zijn dat te doen. Het meeste onderzoek wordt immers door de belastingbetalers gefinancierd en die hebben daarom ook het recht te weten wat er met hun geld gebeurt. Voor die geïnteresseerden heb ik Hoofdstuk 10 geschreven.

Vele collega's hebben mij bij mijn onderzoek en bij de productie van mijn proefschrift geholpen. Ik wil hen allen bedanken voor hun werk en de gezelligheid daarnaast. Slechts een aantal van hen kan ik met toenaam bedanken. Frans Hofsteenge, Henk Leydsman, Jan Nieborg, Bert Schreuder en Bernard Wolfs en anderen van de mechanische werkplaats wil ik bedanken voor de prachtige werkstukken die ze gemaakt hebben voor het bouwen van meetopstellingen en het repareren van instrumenten. Zonder zo'n goed bemande en geoutilleerde werkplaats is experimenteel onderzoek bijna niet mogelijk. Jaap Noordmans wil ik bedanken voor zijn hulp bij computer soft- en hardware problemen. Dankzij zijn software heb ik vele grafieken op beeldschermen en op papier kunnen maken. Ellen van Drooge, Ina Heidema, Jaap Lubbers, Marjon Schakenraad en Joop de Vries ben ik dankbaar voor het helpen bij en instrueren van de bediening van diverse software pakketten. Jan Ruben bedank ik vooral voor zijn hulp bij de bereiding van samples en demineralisatie gels. Reindert Graaff bedankt voor de interessante bijdragen bij het uitwerken van resultaten en het lezen van manuscripten. Mijn nieuwe baas, Gerhard Rakhorst, bedankt voor de ruimte die je mij hebt gegeven om het geheel af te maken.

Van het Grafisch Centrum hebben Jan de Wit en Marcel Zinger, die het omslag ontwierp van de boek uitgave, mij in de laatste fase geholpen, bedankt daarvoor.

Op deze plaats wil ik ook mijn inmiddels overleden (oud)collega's prof. dr. J. Arends en dr. Pieter L. Cuperus gedenken en postuum bedanken voor hun betrokkenheid en het plezier dat we hebben gedeeld.

Mijn vroegere docent, dr. A.J. Postma, van de lerarenopleiding Ubbo Emmius wil ik bedanken voor het feit dat hij mij geleerd heeft de moed niet te gauw op te geven wanneer een vergelijking meerdere regels of zelfs een hele bladzijde beslaat.

Mijn eerste promotor Jaap ten Bosch bedankt voor je bijna grenzeloze optimisme over het onderzoek. Onze wetenschappelijke discussies hebben ons soms tot diep nadenken gezet, en zijn daardoor een stimulans geweest om kwalitatief goed werk af te leveren.

Mijn tweede promotor Marie-Charlotte Huysmans bedankt voor je kritische blik, daarmee heb je ervoor gezorgd dat er een betere relatie tussen mijn laboratorium gegevens en de tandheelkundige praktijk is gelegd.

Mijn familie, vrienden en vriendinnen wil ik bedanken voor hun interesse en betrokkenheid.

Mijn vrouw Resie, en mijn kinderen Teun en Janneke wil ik bedanken voor hun warmte, en genegenheid voor wie ik ben.

Jaap, 2 april 2001

## TABLE OF CONTENTS

	<b>Voorwoord</b>	5
Chapter 1	<b>Introduction</b>	9
Chapter 2	<b>Light scattering measurement set-ups and theoretical models</b>	17
Chapter 3	<b>Optical properties of dentin</b>	34
Chapter 4	<b>Angular Dependence of HeNe-Laser light scattering by dentine</b>	41
Chapter 5	<b>Theoretical model for the scattering of light by dentin and comparison with measurements</b>	51
Chapter 6	<b>HeNe-Laser light scattering by human dental enamel</b>	60
Chapter 7	<b>Optical properties of carious bovine dental enamel</b>	75
Chapter 8	<b>General discussion</b>	88
Chapter 9	<b>Summary</b>	93
Chapter 10	<b>Achtergrond en samenvatting</b>	95
	<b>List of publications</b>	102

